

中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所实验地质技术之 碳酸盐团簇同位素测试分析技术

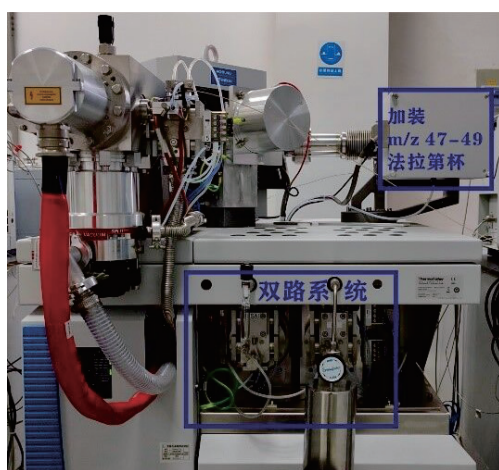
团簇同位素 (Clumped Isotope) 是指含有 2 个或多个重同位素原子 (如 ^{13}C 、 D 等) 的同位素体,通常用同位素值 (Δ) 来表征其偏离随机 (或平均) 分布的程度。理论上同位素值仅受温度控制,因而是新的有效古温标参数,其正在成为古环境、古气候、盆地热历史、成岩成储演化等研究依托的热点技术。其中,碳酸盐团簇同位素表示为 Δ_{47} ,代表了矿物晶格中 $^{13}\text{C}^{18}\text{O}^{16}\text{O}_2^-$ 同位素体组成; Δ_{47} 记录了碳酸盐矿物形成温度,结合埋藏史可推测储层的形成时间,对油气成藏研究具有重要的实际应用价值。实现碳酸盐同位素值测定的 2 个技术难点包括高纯度 CO_2 的制备提取以及 Δ_{47} 的精准测定。

中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所目前已经建立了碳酸盐团簇同位素实验测试平台,包括自主研发的前处理装置 (图 1a) 与升级改装的 MAT-253 Plus 质谱仪 (图 1b),可分别实现碳酸盐矿物酸化形成 CO_2 的高纯度富集以及质量数为 44~49 CO_2 的精准测定。在质量控制方面,采用了 ETH1-4、IEAE C1 与 IEAE C2 标样构建了数据校准体系,确保分析测定的标准误差 SE 小于 0.02‰。

该实验测试平台已应用于四川盆地碳酸盐岩储层评价,通过 $\Delta_{47}-T$ 经验投图获取了该地区碳酸盐矿物形成古温度,基于高温重排模型对古温度进行了原生性评价和热演化史恢复。与碳酸盐矿物氧同位素等其他地球化学参数相结合,碳酸盐团簇同位素测定结果可有效获取成矿流体性质、期次等重要的油气成藏参数,具有广阔的应用前景。



a. 前处理装置



b. MAT-253 Plus 质谱仪

图 1 碳酸盐团簇同位素实验测试平台